

巨大ひずみ加工処理された超伝導体レニウムの超伝導特性

Superconducting properties of rhenium prepared by high-pressure torsion

九工大院工¹, 産総研 FLEC², 兵庫県大院工³, 九大院工⁴ ○美藤正樹¹, 松井英明¹, 出口博之¹,
中村和磨¹, 白川直樹², 足立大樹³, 山崎徹³, 岩岡秀明⁴, 生駒嘉史⁴, 堀田善治⁴

Kyushu Inst. of Tech.¹, FLEX, AIST², Univ. Hyogo³, Kyushu Univ.⁴

○M. Mito¹, H. Matsui¹, H. Deguchi¹, K. Nakamura¹, N. Shirakawa², H. Adachi³,

T. Yamasaki³, H. Iwaoka⁴, Y. Ikoma⁴, Z. Horita⁴

E-mail: mitoh@mns.kyutech.ac.jp

等方的な応力のもとでは、物質のひずみ方は対象物質の個性に委ねられ、程度の差こそあれ、通常どの方向にも収縮する。BCS 超伝導体の場合、静水圧力効果は一般に伝導バンドを広くし、フェルミ面近傍の電子の状態密度を減少させる。理想的な静水圧力下のひずみテンソルは対角成分しかないが、回転変形による非対角成分が加わると、グレインの分裂そしてグレイン境界領域の拡大が起こる。グレインサイズが大きくなるときには、グレイン内にも磁束ピンニング中心が存在するが、グレインサイズが小さくなると、グレイン境界領域に磁束ピンニングが存在しやすくなり、磁場中での超伝導特性が変化する。大きなひずみを導入する手法として、巨大ひずみ (High-Pressure Torsion, HPT) 加工なる方法がある。今回、我々は 40 年以上前に静水圧力効果が研究されているレニウムに焦点を当て、静水圧力効果とは異なり T_c を上昇させる HPT 加工効果について報告する。

レニウムには純度 99.97 %, 厚み 0.25 mm の板材を用い、直径 4 mm のサイズに打ち抜いた板材を複数枚利用し、HPT 加工処理を施した。HPT 加工は 24 GPa の加重下で、回転数 $N = 0, 1, 10$ という条件化でなされた。図 1 に HPT 処理されたレニウムにおける T_c の (単位胞) 体積依存性を示す。HPT 処理によって、(単位胞) 体積 V の増加が起こり T_c は上昇した。具体的には、零磁場中の T_c は無ひずみ状態のその約 2 倍の値を示した。また、無ひずみ状態では混合状態のない“第一種超伝導体”としての振る舞いを示すが、巨大ひずみ状態では磁束ピンニングの存在が安定化し“第二種超伝導体”としての振る舞いを示した。レニウムにおける HPT 加工による構造的な変化は、結晶子サイズの減少と単位胞の膨張に代表される。前者は磁束ピンニングの導入に寄与し、後者は負の圧力効果に相当する。後者は伝導バンドを狭くし、フェルミ面の状態密度を増加させると考えるのが自然である。今後の課題は、レニウムにおいて、どうしてこのようなひずみ付与による電子状態の大きな変化が起こりうるのかを明らかにすることである。

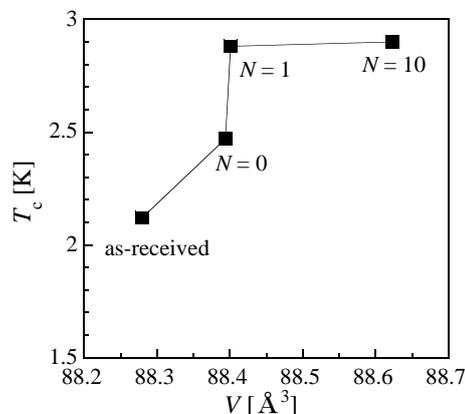


図 1. レニウムの超伝導転移温度の (単位胞) 体積依存性